

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: X2006193003

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

无封装金属化聚萘乙酯膜叠片式电容器的研究

Studies on uncoated metallized polyethylene naphthalate
stacked film capacitor

张世梅

指导教师姓名: 胡晓兰 副教授

专 业 名 称: 材 料 工 程

论文提交日期: 2011 年 5 月

论文答辩时间: 2011 年 5 月

学位授予日期: 2011 年 5 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 5 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）
课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）
经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。

（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，
未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

200 年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

200 年 月 日

摘 要

为了节能环保,现代电力电子技术的发展方向,正从以低频技术处理问题为主的传统电力电子学,向以高频技术处理问题为主的电力电子学方向转变,这样的转变对电力电子电路中元件的温度特性和产品性能提出新的要求。电容器作为电力电子电路中必不可少的元件,同样遇到这样的挑战。相对于陶瓷电容器和电解电容器,薄膜电容器的性能具有明显的优越性,但其工作温度范围是一个弱项。目前薄膜电容大部分使用聚丙烯或聚对苯二甲酸乙二醇酯作为电介质材料,这两种电介质材料熔点较低,且在高温时热收缩率和损耗角正切值较大,从而限制了该类薄膜电容器的使用环境温度。而聚萘乙酯膜熔点为 270°C ,且在 150°C 时的热收缩率较小,耐高温老化能力较强,聚萘乙酯膜作为耐高温薄膜电容器电介质具有很大的潜质。

本论文首先研究了聚萘乙酯膜与当前使用的其它电介质膜材料的性能,通过实验对比了不同电介质的热收缩率、容量稳定性、损耗角正切值、相对介电常数、耐电压、体积电阻率和耐老化能力等性能,根据聚萘乙酯膜与其它电介质材料的性能对比结果,发现聚萘乙酯膜更加适合做高温薄膜电容器的电介质材料。

根据拟要开发的聚萘乙酯膜电容器的要求,对聚萘乙酯膜电容器的结构进行设计和实验,从有感式、卷绕式、叠片式三种工艺对比结果得出结论:采用叠片式工艺最适合聚萘乙酯膜电容器。对于从芯子内部结构设计,根据本企业的实际情况和聚萘乙酯膜电容器大 dv/dt 的要求,聚萘乙酯膜电容器采用三串式结构设计更为合理。

通过对薄膜电容器生产过程中的喷金、热处理和切片三个工序进行研究分析,对聚萘乙酯膜电容器这三个工序采用不同的工艺分别进行实验对比,确定出了这三个工序的最佳工艺条件。

实验结果表明,按照本论文研究确定的聚萘乙酯膜电容器工艺生产的产品能够满足企业标准和客户要求,目前聚萘乙酯膜电容器已进入批量工业化生产阶段,产品已经销往国内外客户。

关键词: 薄膜电容器; 聚萘乙酯; 无封装; 叠片式; dv/dt

厦门大学博硕士论文摘要库

ABSTRACT

The development trend of power electronics technology is changing to high frequency solution from the low frequency solution of the traditional power electronics technology, for the requirement of high-efficiency drives. It requires that the components in the circuit should have good characteristics and high operating temperature. As an absolutely necessary component, the capacitor is also facing the challenge. The film capacitor is more predominant in the characteristic than ceramic capacitor or electrolytic capacitor, but the operating temperature range of film capacitor is disadvantage. The normal using dielectrics of the film capacitor are polyethylene terephthalate or polypropylene film. But the two dielectrics have the shortcomings such as melting point, dissipation factor and high heat shrinkage in the high temperature. It limits the operating temperature range. The film capacitor would have a big market and a bright future if polyethylene naphthalate film can be the dielectric of film capacitor, for its high melting point of 270°C and small heat shrinkage in the the temperature of 150°C and slow thermal degradation in high temperature.

Firstly, the characteristics of polyethylene naphthalate film and other dielectrics are studied by the testing about the heat shrinkage, the stabilization of capacitance, the dissipation factor, the dielectric constant, the voltage proof, insulation resistance and the thermal degradation. The results show that polyethylene naphthalate film can be fit for the dielectric of the high operating temperature film capacitor.

Secondly, according to the demand of the project, the construction of the polyethylene naphthalate film capacitor is designed. Comparing different features of the inductive technology, wound technology and stacked technology, the conclusion that the stacked technology is fit for the polyethylene naphthalate film capacitor is gotten out. The 3-section construction is the best solution for the requirement of high dv/dt and the company conditions.

Thirdly, according to the evaluation and the testing results to the metal spraying, heat treating and cutting, the best technology condition of the three processed is found out.

Finally, the testing result shows that the polyethylene naphthalate film capacitor can meet the company's standard and the applications of the customers. Products made under the technology that research in this paper have been accepted by customers and they are sold to home and abroad. The products have successfully entered the stage of industrial production in large quantities.

Key words: film capacitor; polyethylene naphthalate; uncoated; stacked; dv/dt

目 录

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
第一章 文献综述	1
1.1 电容器介绍	1
1.2 薄膜电容器综述	2
1.2.1 有机介质电容器种类.....	2
1.2.2 薄膜电容器种类和特点.....	2
1.2.3 薄膜电容器主要参数.....	4
1.3 薄膜电容器的设计	10
1.4 薄膜电容器的发展趋势	11
1.5 市场需求和项目立项	12
第二章 聚萘乙酯膜性能	14
2.1 实验设备和样品	15
2.1.1 实验设备.....	15
2.1.2 实验样品.....	15
2.2 热收缩率	15
2.3 容量稳定性、损耗角正切值和相对介电常数	17
2.4 耐电压	19
2.4.1 耐电压装置.....	19
2.4.2 金属化薄膜耐电压.....	20
2.5 体积电阻率	21
2.6 耐老化能力	22
2.7 本章小结	23
第三章 PEN 电容器结构的选择	24
3.1 实验设备和样品	24
3.1.1 实验设备.....	24

3.1.2 实验样品.....	24
3.2 PEN 电容器生产工艺的选择	25
3.2.1 有感式.....	25
3.2.2 卷绕式.....	26
3.2.3 叠片式.....	27
3.2.4 卷绕式和叠片式的对比.....	28
3.3 PEN 电容器芯子结构的选择	30
3.4 薄膜厚度和留边的选择	30
3.5 PEN 电容器芯子设计	31
3.6 本章小结	32
第四章 PEN 电容器过程工艺设计	34
4.1 喷金工艺	35
4.2 热处理工艺	38
4.3 切片.....	41
4.4 本章小结	43
第五章 PEN 电容器产品实验测试结果	44
5.1 实验设备和样品	44
5.1.1 实验设备.....	44
5.1.2 实验样品.....	44
5.2 企业标准测试实验	45
5.2.1 温湿度快速变化.....	45
5.2.2 稳态湿热测试.....	46
5.2.3 耐久性.....	47
5.2.4 充电和放电测试.....	48
5.3 应用要求测试	51
5.3.1 电压对应频率.....	51
5.3.2 谐振点.....	52
5.3.3 噪音测试.....	53
5.4 锡须测试	54

第六章 主要结论	57
参考文献.....	58
致 谢.....	60

厦门大学博士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

CONTENTS

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	II
Chapter 1 Preface	1
1.1 Introduction of capacitor	1
1.2 Introduction of film capacitor	2
1.2.1 Types of organic compound's capacitor	2
1.2.2 Types and features of film capacitor	2
1.2.3 Primary parameters of film capacitor	4
1.3 Design about film capacitor	10
1.4 Development trend of film capacitor	11
1.5 Demand and establishment of project	12
Chapter 2 The characteristics of PEN film and other dielectrics	14
2.1 Instrumentations and materials	15
2.1.1 Instrumentations	15
2.1.2 Materials	15
2.2 Heat shrinkage	15
2.3 The stabilization of capacitance, $\tan\delta$ and ϵ_r	17
2.4 Voltage proof	19
2.4.1 Device of voltage proof	19
2.4.2 Voltage proof of metalized film	20
2.5 Insulation resistance	21
2.6 Thermal degradation	22
Chapter 3 Study on PEN capacitor construction	24
3.1 Instrumentations and materials	24
3.1.1 Instrumentations	24
3.1.2 Materials	24
3.2 Different technology of film capacitor	25
3.2.1 Inductive	25
3.2.2 Wound	26

3.2.3 Stacked	27
3.2.4 Difference between wound and stacked technology	28
3.3 Construction of PEN capacitor	30
3.4 Thickness and margin	30
3.5 Element	31
Chapter 4 PEN capacitor process	34
4.1 Metal spray	35
4.2 Heat treating	38
4.3 Cutting	41
Chapter 5 Testing of the PEN film capacitor	44
5.1 Instrumentations and materials	44
5.1.1 Instrumentations	44
5.1.2 Materials	44
5.2 Testing according to company's standard	45
5.2.1 Temperature Cycling and biased humidity testing	45
5.2.2 Damp heat steady state	46
5.2.3 Endurance	47
5.2.4 Charging and discharging	48
5.3 Applications testing	51
5.3.1 Maximum voltage versus frequency	51
5.3.1 Impedance versus frequency	52
5.3.1 Noise testing	53
5.4 Tin whisker	54
Chapter 6 Conclusion	57
References	58
Acknowledgement	60

第一章 文献综述

1.1 电容器介绍

电容器是储存电荷或存储电量（电势能）的容器，是电工及电子设备中广泛应用的电路基本元件，通常由电介质（绝缘材料）隔离的两块导电电极板组成。电容器主要作用为：通交流、阻直流，通常起滤波、旁路、耦合、去耦、贮能、改善电路的品质因子、转相等电气作用。

任何绝缘材料都可能成为电容器的电介质，如纸、玻璃、云母、油、空气等，目前电容器主要产品有陶瓷电容器、塑料薄膜电容器、电解电容器三大类。

陶瓷电容器可分为 1 类瓷介、2 类瓷介和 3 类瓷介三种，高频瓷介电容器电气性能优良，可与聚丙烯膜电容器媲美，它具有体积小，稳定性高，高频特性好，损耗角正切值低等优点，但其电容量范围窄，使其应用受到限制。2、3 类瓷介电容器主要的优点在于体积小、容量大、价格低，已实现表面安装，广泛应用于直流、低频电路中，其缺点是稳定性差，损耗角正切值大，抗脉冲能力差，高低温容量变化率大，可靠性不高，在高性能要求的电路中很少使用。

有机薄膜电容器主要以聚酯（Polyethylene terephthalate, PET）膜为电介质或聚丙烯（Polypropylene film, OPP）膜为电介质应用最广泛。聚酯膜电容器稳定性好，损耗角正切值小，抗脉冲能力强，可靠性高，已实现表面安装，可实现金属化，具有自愈特性，可代替陶瓷电容器，在高性能要求的电路中得到广泛应用，其缺点是价格比陶瓷电容器高，体积比陶瓷电容器大。聚丙烯膜电容器性能极为接近理想电容器，可实现金属化，具有自愈特性，特别适合应用于高频、高压、高稳定、高脉冲以及交流场合，缺点是体积较大，价格较高。随着市场对耐高温薄膜电容器的需求，急需寻找耐高温的电介质材料以满足高温使用环境需求，根据市场上现有的电工膜材料，以及薄膜材料的物理性能，聚萘乙酯（Polyethylene naphthalate, PEN）和聚苯硫醚（PolyPhenylene Sulfide, PPS）材料比较适合作为高温薄膜电容器电介质材料，目前这两种材料正开始被应用于薄膜电容。

电解电容器可分为铝电解和钽电解两种，铝电解电容器以其电容量大，价格便宜，广泛应用于低频旁路、耦合和电源滤波等场合，其缺点是稳定性差、损耗

角正切值和漏电流大、耐温差、有极性、可靠性差、寿命短。钽电解电容器的性能比铝电解有很大的改善,也实现表面安装,在较高性能要求的电路中使用较多,但价格昂贵,耐压低,有极性。

随着人类对节能环保的认识,为了减少能源浪费,现在电力电子行业对能源传动有效率要求越来越高,在电力电子电路功率因素方面做了很多努力。薄膜电容器由于自身的优越性能,特别是在能量转移过程中,损耗很少,在电力电子电路中得到广泛应用。

1.2 薄膜电容器综述

1.2.1 有机介质电容器种类

有机介质电容器是指电介质为有机材料的电容器,其主要有以下几类:纸电容器和金属化纸电容器;以高分子合成膜为介质的塑料薄膜电容器;复合介质电容器;常见的介质复合形式有纸膜复合,极性薄膜与非极性薄膜复合,漆膜电容器,它是采用醋酸纤维素和聚碳酸酯等漆膜材料作介质,用蒸发金属作电极而构成。

与无机介质材料相比,有机介质材料具有优良的介电性能和多样的机械性能,如弹性、柔韧性、延展性、坚固性、可塑性和易加工性等,主要弱点是:有机介质易于老化,电容器的性能会逐渐降低;有机介质的热膨胀系数较大,电容器的稳定性较差;有机介质的耐热性差,电容器的工作温度上限受到限制;有机材料在耐高温、抗辐射、耐电压和化学稳定性等方面性能不及无机材料,因此有机电容器的应用范围受到一定的限制,由于膜的厚度可以做得很薄,易于卷绕,所以有机电容器的电容量和工作电压范围很宽。有机介质材料大多是合成的高分子聚合物,原料丰富,品种繁多,可供各种不同要求的电容器用。

1.2.2 薄膜电容器种类和特点

有机介质电容器主要以塑料薄膜电容器为代表,薄膜电容器是指以电工级塑料薄膜为电介质的电容器,塑料薄膜电容器相比纸电容器的优点为:吸湿性小、疵点少、厚度可做得薄而均匀,因此塑料薄膜电容器近年来发展很快,市场需求量稳步上升。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库